

# 研究課題：マイクロ波帯小型高速高性能通信用デバイスの開発

非常勤研究員 鳥仁 図雅

入力ポート及びアイソレーションポートでの線路の特性アドミタンス（基本アドミタンスとする）が直接出力ポート及び結合ポートでの線路の特性アドミタンス（規格化値を  $y_{02}$  とする）と異なるインピーダンス変換型ブランチャラインカップラを集中定数化し、小型化を実現することにおいて、 $y_{02}$  を特定の値にすることで、より簡略化された回路が得られる。インピーダンス変換型ブランチャラインカップラは横配置の二つのスルーラインの長さ（A）と縦配置の二つのブランチャラインの長さ（B）によって（A）全ての伝送路が  $\lambda_0/4$  （B）全ての伝送路が  $3\lambda_0/4$ 、（C）スルーラインが  $3\lambda_0/4$ 、ブランチャラインが  $\lambda_0/4$  （D）スルーラインが  $\lambda_0/4$ 、ブランチャラインが  $3\lambda_0/4$  という四つのタイプがあるが、ここでタイプ（D）に着目し、行われた計算と実験結果について報告する。またマイクロ波電力分配器の一種である Bagley polygon 電力分配器において、単位線路の両端にストレートスタブを挿入する方法を用いて小型化を実現したことについて理論と実験結果を報告する。

## 1. インピーダンス変換型ブランチャラインカップラ

### 1.1 集中定数化による小型化

図1において規格化アドミタンス  $y_{b1}$ 、 $y_{b2}$ 、 $y_T$  の値は条件： $S_{11}=S_{14}=0$ 、 $|S_{21}|:|S_{31}|=1:k$  により  $y_{b1}=k$ 、 $y_{b2}=ky_{02}$ 、 $y_T=\{(1+k^2)y_{02}\}^{0.5}$  のように得られる。この四本の伝送線路に図2の等価変換を適用すれば、図3の集中定数カップラを得る。

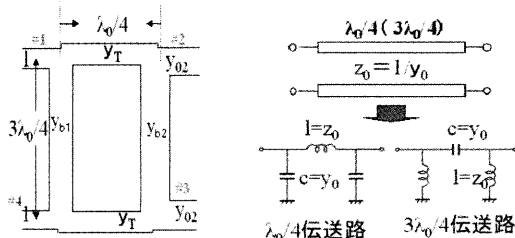


図 1.

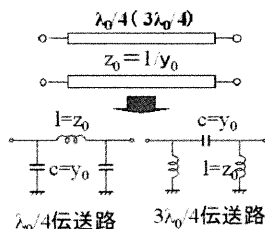


図 2.

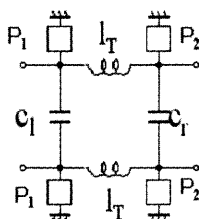


図 3.

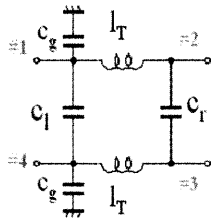


図 4.

### 1.2 素子数の少ない回路作り

均等分配  $50-25\Omega$  カップラ ( $y_{02}=2$ ,  $k=1$ ) の場合図4のようなより簡略化された回路が得られる。回路素子の規格化値は

$$c_l=c_g=1, \quad l_T=0.5, \quad c_r=2 \text{ となる。}$$

図5は実験回路図を示す。出力ポートで整合を取るため抵抗  $r=1$  を入れる。

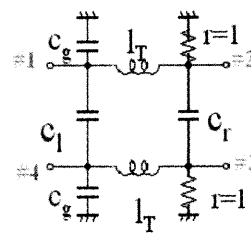


図 5

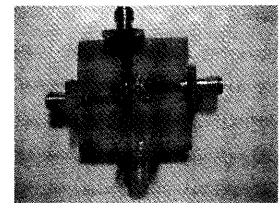


図 6

使用した基板（チューコフローCGP-500）のパラメータとしては比誘電率は 2.6、基板厚は 0.93mm、銅箔厚は 0.035mm となる。中心周波数は 0.7GHz。各素子理論と実験値を表1に示す。

表 1

700MHz	$C_l$	$C_r$	$L_T$
理論	4.547pF	9.094pF	5.684nH
実験	4.7pF	9.1pF	5.6nH

### 1.3 理論と実験結果

製作回路の測定値の中心は理論中心周波数よりずれて 630MHz 付近にあった。図7は周波数応答を調べるため測定値を測定中心で規格化し、理論値と比較したものである。周波数応答は理論値とほぼ一致する。

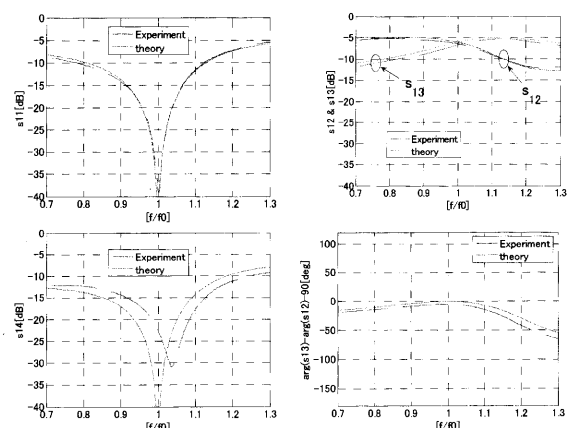


図 7. 周波数特性

## 2. Bagley polygon 電力分配器

図 8 は 3 分配及び 5 分配器の基本モデル図を示す。ポート 1 が入力ポートで、反射がない条件を満たすため各線路の長さや特性インピーダンスが図 8 に示すようになる。

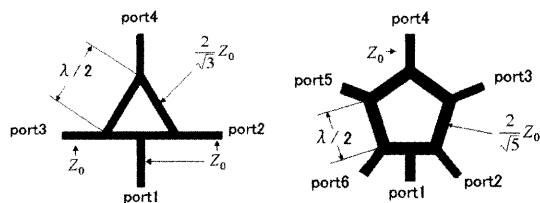


図 8.

### 2.1 小型化方法



図 9.

図 9 のように  $\lambda_0/8$  長単位線路を両端に電気長  $\theta_b$  のスタブ立てた電気長  $\theta_a$  の線路で取り替えることで小型化を実現する。線路とスタブの特性インピーダンス  $Z_a$  と  $Z_b$  がそれぞれ次式のようにえられる。

$$Z_a = \frac{50\sqrt{6}}{3} \frac{Z_0}{\sin \theta_a}, Z_b = \frac{50\sqrt{6} \tan \theta_b \cdot Z_0}{\cos \theta_a - \frac{1}{\sqrt{2}}}$$

表 2

分配器	$Z_a$	$Z_b$	$\theta_a$	$\theta_b$
3-way	139.3 $\Omega$	44.5 $\Omega$	22.5°	32.7°
5-way	107.9 $\Omega$	39.0 $\Omega$	22.5°	45°

### 2.2 3 分配器回路の試作

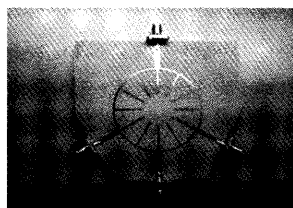


図 10 は 3 分配器の小型した回路の写真を示す。

図 10

ここでは短縮率 50% となる。使用した基板 (チューコフロー) のパラメータとしては基板厚は 0.965 [mm], 銅箔厚は 0.018 [mm], 比誘電率は 2.6 となる。中心周波数は 1 GHz。

図 11 は短縮前後の理論特性の比較を示す。図 12 は短縮後の理論と実験の規格化値を示す。

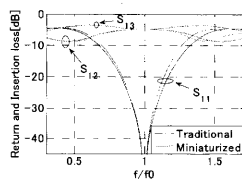


図 11

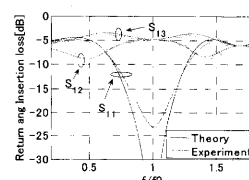


図 12

### 2.3 5 分配器回路試作

図 13 は 5 分配器の小型した回路の写真を示す。

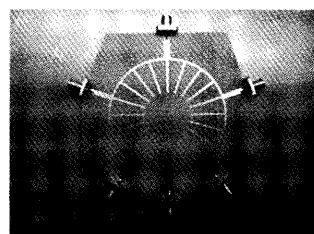


図 13

ここでは短縮率 60% となる。使用した基板は 3 分配器と同じである。

図 14 は短縮前後の理論特性の比較を示す。図 15 は短縮後の理論と実験の規格化値を示す。

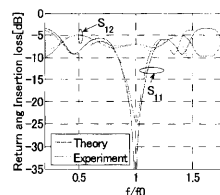


図 14

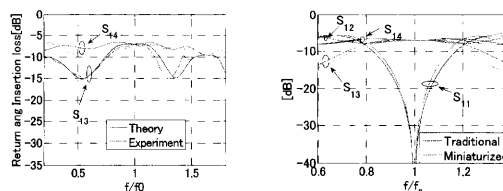


図 15

3 分配と 5 分配器の製作回路の測定値の中心は理論中心周波数よりずれてそれぞれ 1.25GHz と 1.32GHz 付近にあった。図 12 と図 15 ではそれぞれ測定中心で規格化した結果を示す。線路パラメータは表 2 に示す。

## 3. まとめ

インピーダンス変換型ブランチャラインカップラと Bagley polygon 電力分配器を小型化しても理論周波数特性が基本回路を劣化させないという結果が得られた。製作回路の測定値は中心周波数よりずれたが、周波数応答は理論値とほぼ一致する。